

University of Groningen

Digitale ondersteuning bij het leren oplossen toepassingsopgaven rekenen

Kock, W.D. de

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2010

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kock, W. D. D. (2010). *Digitale ondersteuning bij het leren oplossen toepassingsopgaven rekenen*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



Help

Find

Digitale ondersteuning bij het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen

Praktijkpublicatie ten behoeve van Kennisnet

W.D. de Kock

Digitale ondersteuning bij het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen

Praktijkpublicatie ten behoeve van Kennisnet

W.D. de Kock

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Digitale ondersteuning bij het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen
W.D. de Kock 2010, GION: Gronings Instituut voor Onderzoek van Onderwijs

ISBN 987-90-6690-538-2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Uitgave:

GION / RUG

Grote Rozenstraat 3, 9712 TG Groningen

Telefoon: 050-3636631

w.d.de.kock@rug.nl

Copyright © GION/RUG, 2010

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Probleemoplossend rekenen is niet eenvoudig	9
1.2 Mogelijkheden voor verbetering	10
2 Achtergrond van het onderzoek	13
2.1 Schoenfeld's model van probleemoplossen	13
2.2 Wat is er bekend uit andere onderzoeksprojecten?	14
2.3 Leren probleemoplossen: hulp met menselijke stem of leestekst	18
2.4 Onderzoeksvragen	20
3 Onderzoeksopzet	23
3.1 Voorafgaande rekentraining	23
3.2 Overzicht van de onderzoeksopzet	23
3.3 Het computerprogramma	25
3.4 Gebruikte toetsen	28
4 Resultaten	33
4.1 Gebruik van de versies van het computerprogramma door de leerlingen	33
4.2 Voortoets probleemoplossen	37
4.3 Natoetsresultaten	37
5 Conclusie	41
5.1 Implementatie van het programma in de drie condities	41
5.2 De eerste onderzoeksvraag	41
5.3 De tweede onderzoeksvraag	42
5.4 Aanbevelingen	43
6 Bruikbaarheid van het Takentrap-programma voor andere scholen	45
6.1 Introductie	45
6.2 Onderzoeksopzet	45
6.3 Resultaten en conclusie	47
Literatuur	51
Bijlage 1 Statistische toetsingen bij hoofdstuk Resultaten	53

Woord vooraf

Het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen is niet eenvoudig voor leerlingen. In de rekenmethoden ontbreekt vaak een duidelijke systematiek over hoe dit type opgaven aan te pakken. Daarom is door Annemieke Jacobse van het GION (Gronings Instituut voor Onderzoek van Onderwijs) een computerprogramma ontwikkeld om leerlingen te helpen. Het programma heet Takentrap Rekenen. In overleg met Kennisnet is het plan opgesteld om het programma verder te ontwikkelen en het effect ervan te onderzoeken op meerdere scholen. Het onderzoek is in opdracht van Kennisnet uitgevoerd in 2009 en 2010 door het GION.

Dit rapport geeft de resultaten weer van een onderzoek bij drie scholen met vijf groepen 7. Het computerprogramma is uitgevoerd in een versie met de Takentrap waarin hulpaanwijzingen per opgave zijn opgenomen en in een versie met alleen de opgaven, zonder hulp. In het onderzoek is met kleine groepen leerlingen achter de computer gewerkt. Er is voorgedaan hoe de leerlingen het best met hun versie van het programma konden werken. De leerlingen hebben over het algemeen met veel plezier de opgaven gedaan. In dit rapport staan onze bevindingen.

Het rapport is bestemd voor leerkrachten in het basisonderwijs die geïnteresseerd zijn in onderwijs over het oplossen van toepassingsopgaven.

Het onderzoek zou niet mogelijk zijn geweest zonder de betrokkenheid en inzet van de directie en leerkrachten van basisscholen in Kollum, Veendam en Wildervank. Ik wil hen hartelijk danken. Ook alle leerlingen dank ik voor hun enthousiaste medewerking tijdens de lessen en toetsen. Veel succes in groep 8 toegewenst.

Willem de Kock

Groningen, september 2010

Samenvatting

Deze studie richt zich op basisschoolleerlingen die onderwezen zijn in het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen met behulp van een systematiek genaamd *De Takentrap*. In de Takentrap worden enkele fasen of episoden van het probleemoplossen onderscheiden die leerlingen kunnen raadplegen om een toepassingsopgave op te lossen. Leerlingen hebben hiermee kunnen oefenen in een computerprogramma waar per episode een hulpaanwijzing opgevraagd kon worden als leerlingen dat nodig vonden. Er is onderzocht of leerlingen met behulp van de Takentrap beter in staat zijn om toepassingsopgaven op te lossen dan leerlingen die geen gebruik maken van de Takentrap. In dit onderzoek is ook nog nagegaan of hulpaanwijzingen beter in audio met beeld kunnen worden gepresenteerd of dat ze beter kunnen worden weergegeven in tekst met beeld.

De deelnemers van dit onderzoek zijn 106 basisschoolleerlingen uit 5 groepen 7 van 3 basisscholen in de provincie Groningen. Leerlingen zijn willekeurig toegewezen aan een van de twee experimentele condities of aan de controleconditie. Leerlingen in de experimentele tekstconditie konden alleen hulpaanwijzingen opvragen via de Takentrap die opgebouwd zijn uit tekst met illustraties. Leerlingen van de experimentele audio-conditie hebben de gelegenheid gekregen om hints op te vragen in audio met illustraties. De controle groep heeft dezelfde opgaven geoefend zonder hulpaanwijzingen van de Takentrap.

In totaal zijn er 12 rekenlessen gegeven in een periode van 6 weken. Per week zijn twee lessen van 30 minuten gegeven. In elke rekenles hebben leerlingen 20 minuten kunnen oefenen met 6 toepassingsopgaven op de computer.

Uit de resultaten blijkt dat leerlingen die met de Takentrap hebben gewerkt hoger op de natoets probleemoplossen hebben gescoord dan leerlingen die niet met de Takentrap hebben gewerkt. In deze studie is verder geen verschil gevonden tussen leerlingen die hulpaanwijzingen hebben geraadpleegd in audio met beeld en leerlingen die hulpaanwijzingen gepresenteerd hebben gekregen in tekst met beeld.

De resultaten suggereren dat leerlingen baat hebben bij het leren oplossen van toepassingsopgaven met de Takentrap. Zij zijn beter in staat gebleken om problemen op te lossen dan leerlingen die niet hebben geoefend met de Takentrap. Deze bevindingen komen overeen met resultaten uit andere studies.

1 Inleiding

1.1 Probleemoplossend rekenen is niet eenvoudig

Vanaf groep 4 van de basisschool krijgen leerlingen toepassingsopgaven voorgelegd waarin ze hun kennis over rekenen en wiskunde moeten gebruiken in min of meer realistische probleemsituaties. De toetsen van de Periodieke Peiling van het Onderwijs in rekenen en wiskunde eind basisonderwijs bestaan voor een groot deel uit dergelijke opgaven. We nemen bijvoorbeeld de volgende twee opgaven uit de PPON-toetsen van 2004 (Janssen, Van der Schoot en Hemker, 2005). Het gaat om het toepassen van rekenen van twee bewerkingen. In de eerste opgave gaat het om vermenigvuldigen en optellen tot 20 en in de tweede opgave om optellen en aftrekken met grote getallen.

1] Haventarieven

LIGPLAATS
€ 1,- PER METER LENGTE PER DAG

TOERISTENBELASTING
€ 1,50 PER PERSOON PER DAG

De boot van de familie Steen is 8 meter lang. Er zijn 4 personen aan boord. Hoeveel moeten zij in die haven in totaal per dag betalen?

€ _____

5]

Harry Potter	Aantal bladzijdes
De steen der wijzen	228
De geheime kamer	254
De gevangene van Azkaban	326
De vuurbeker	
De orde van de feniks	668
Totaal	2023

Hierboven zie je hoeveel bladzijdes de eerste vijf delen van de Harry Potter boeken hebben.

Hoeveel bladzijdes heeft De vuurbeker?

_____ bladzijdes

Figuur 1.1: twee opgaven uit PPON-toetsen 2004

Om de opgaven te kunnen maken moeten de leerlingen goed kunnen lezen, de betekenis van de woorden uit de opgaven begrijpen, begrijpen welk antwoord wordt

verwacht en voldoende rekenkennis hebben. Dat is nogal wat! Toepassingsopgaven waarbij samengestelde bewerkingen moeten worden gebruikt worden dan ook vaak slecht gemaakt en in de afgelopen jaren is dat niet verbeterd (Van der Schoot, 2008). Een mogelijk verklaring hiervoor is dat in de reken/wiskundemethoden weinig aandacht wordt besteed aan het systematisch aanpakken van toepassingsopgaven. Vooral zwakke rekenaars hebben er veel moeite mee.

Onderzoek laat zien dat de informatie over de situaties in toepassingsopgaven op zichzelf al een barrière kunnen vormen (Van Lieshout en Berends, 2009). Leerlingen moeten goed lezen en de informatie koppelen aan wat zij al weten om de situatie te kunnen begrijpen. Bovendien kiezen leerlingen vaak niet de meest efficiënte oplossingswijze, maar een manier die de situatie aan de leerlingen lijkt op te dringen.

1.2 Mogelijkheden voor verbetering

Er is in het verleden menig poging gedaan om leerlingen tot betere probleemoplossers te maken. Dat gebeurde lang niet altijd met evenveel succes (Verschaffel, Greer & De Corte, 2000). Heel lang is gedacht dat het oplossen van problemen een kwestie is van het inslijpen van een vaste systematiek: vaste stappen die leerlingen langs moeten gaan en waardoor ze altijd bij een goede oplossing uitkomen.

De Amerikaanse onderzoeker Alan Schoenfeld (1992) is het daar niet mee eens. Hij constateert weliswaar dat ervaren probleemoplossers systematischer een aantal episodes van probleemoplossen doorlopen, maar dat proces verloopt niet altijd gladjes en stap voor stap. Ook ervaren probleemoplossers maken stapjes terug en besteden bijvoorbeeld relatief veel tijd aan het analyseren van een probleem en minder tijd aan de oplossing zelf. Beginners doen dat vaak net andersom: ze gaan snel naar een mogelijke oplossing en besteden daar veel tijd aan. Ze doen dat omdat zij onzeker zijn of ze over voldoende kennis beschikken en ze denken vaak dat het uitrekenen het meest denkwerk vergt. De kunst is volgens Schoenfeld om beginners te laten inzien dat vooral de analyse van het probleem en het je afvragen welke kennis nodig is om een probleem op te lossen van het grootste belang zijn. Dat doe je volgens Schoenfeld niet door leerlingen stap voor stap te trainen, maar door hen vragen voor te leggen. Vragen in de trant: Wat denk je dat je nu moet doen? Wat weet je al? Kun je zo maar aan het rekenen gaan? Past dit antwoord wel bij de gestelde vraag? We noemen deze vragen die je aanzetten om je eigen leerproces te sturen ook wel 'metacognitieve' vragen.

Verschillende onderzoekers (onder andere Harskamp en Suhre, 2007; Kramarski, & Gutman, 2006; Teong, 2003; Wood & Wood, 1999) hebben het werk van Schoen-

feld gebruikt om een computerondersteund instructieprogramma voor leerlingen te maken. Het gaat meestal om onderzoek in het voortgezet onderwijs bij onderwerpen van rekenen en wiskunde. Door het GION is een begin gemaakt met een programma voor het basisonderwijs. Er zijn in het programma verschillende episodes voor probleemoplossen onderscheiden met vragen voor leerlingen, maar ook met inhoudelijke hints die bij een opgave passen, zodat de leerlingen leren om zichzelf vragen te stellen en systematischer te werk te gaan.

Het blijkt dat de programma's in het voortgezet onderwijs doorgaans effectief zijn, maar dat ze voor leerlingen die zwak zijn in wiskunde nog te weinig bieden. Ze maken te weinig bewust gebruik van de hulpaanwijzingen (Goos, 2002; Koedinger & Nathan, 2004). De vraag is of hulpaanwijzingen bij probleemoplossen effectiever kunnen worden gemaakt door deze in mondelinge uitleg bij een schema aan te bieden in plaats van via schriftelijke uitleg. Wellicht helpt dit zwakke rekenaars om hun aandacht extra te scherpen. We zullen dit aspect ook nagaan in het geplande onderzoek.

2 Achtergrond van het onderzoek

In de inleiding spraken we over de pogingen die in het verleden zijn gedaan om leerlingen tot betere probleemoplossers te maken. We gaan daar wat verder op in.

2.1 Schoenfeld's model van probleemoplossen

Onderzoek (Guldemon, 2001; Van Lieshout & Berends, 2009) laat zien dat leerlingen op de basisschool vaak moeite hebben met het oplossen van zogenoemde contextopgaven, vooral de vele opgaven waarin de noodzakelijke informatie is verspreid over afbeelding en tekst en opgaven met veel extra informatie. De rekenmethodes geven doorgaans geen speciale aandacht aan het leren oplossen van deze complexe opgaven. Vooral zwakke rekenaars en leerlingen die zwak zijn in begrijpend lezen hebben er veel moeite mee (Jitendra, DiPipi & Perron-Jones, 2002; Van Lieshout en Berends, 2009). Doorgaans hebben leerlingen moeite met het herkennen welke rekenkennis nodig is om een toepassingsopgave op te lossen (Goos, 2002).

De Amerikaanse onderwijsonderzoeker Alan Schoenfeld heeft in de praktijk onderzocht hoe zwakke en sterke leerlingen rekenproblemen oplossen. (Schoenfeld, 1992). Uit zijn onderzoek is naar voren gekomen dat goede rekenaars bij het oplossen van probleemopgaven zogenoemde episodes doorlopen om tot een juist antwoord te komen. Hij onderscheidt zes episoden: lezen van een opgave, analyseren wat het probleem is, verkennen van mogelijke manier van oplossen, plannen van een oplossing, implementeren ervan en controleren of het antwoord juist kan zijn.

Schoenfeld spreekt van 'episodes' om duidelijk te maken dat het oplossen niet stap voor stap gaat maar dat goede probleemoplossers ook stappen herhalen of soms overslaan. Schoenfeld gebruikte de episodes om leerlingen vragenderwijs bewust te maken van hun oplossingsproces. In de episode *lezen en analyseren* kan de leerkracht de leerling vragen of deze de tekst aandachtig heeft gelezen, eventuele afbeeldingen bekeken en zich heeft afgevraagd om welk probleem het gaat in de opgave. Hiervoor is het belangrijk dat leerlingen een goed niveau van begrijpend lezen hebben zodat ze de tekst kunnen lezen en begrijpen. Nadat een probleem is geanalyseerd dient de episode *verkennen* zich aan. De leerkracht kan vragen welke rekenkennis van belang is voor de opgave. Er wordt verondersteld dat leerlingen voldoende rekenkennis bezitten om het rekenprobleem op te lossen. Vervolgens gaan de leerlingen een *plan maken*. De leerkracht kan aan leerlingen vragen hoe ze het pro-

bleem denken aan te pakken, bijvoorbeeld een bewerking met bepaalde getallen uit de opgave. Het plan wordt uitgevoerd in de episode *implementeren* waar leerlingen hun antwoord geven. Als leerlingen moeite hebben om een antwoord te vinden, dan zal hen worden gevraagd om terug te gaan naar een van de vorige episodes (Schoenfeld, 1992). In de episode *controleren* krijgen leerlingen de mogelijkheid om hun antwoord te controleren of het correct kan zijn gezien de gestelde vraag. De zes episodes kunnen dus een model vormen hoe leerlingen het probleemoplossen kunnen leren (figuur 2.1).

- opgave lezen (lezen)
- probleem analyseren (analyseren);
- de juiste reken/wiskundekennis zoeken (verkennen);
- een plan maken (plannen);
- het plan uitvoeren (implementeren);
- controleren of het antwoord past bij de gestelde vraag (controleren).

Figuur 2.1 Zes episodes uit het model probleemoplossen van Schoenfeld

Schoenfeld gaf problemen aan leerlingen die wiskundekennis veronderstelde die al was behandeld. Hij probeerde in zijn onderwijs leerlingen die kennis te laten gebruiken om problemen op te lossen. Hij gaf zo min mogelijk uitleg en liet zo veel mogelijk aan de leerlingen zelf over. Door vragen te stellen probeerde hij de kennis bij leerlingen te ontlocken die ze in een bepaalde episode nodig hadden.

2.2 Wat is er bekend uit andere onderzoeksprojecten?

Uit bovenstaande beschrijving kan worden afgeleid dat leerkrachten leerlingen op maat ondersteuning moeten bieden bij het oplossen van problemen. De ondersteuning door vragen of suggesties kan moeilijk klassikaal worden gegeven. Leerlingen binnen een klas verschillen vaak aanzienlijk in niveau van begrijpend lezen en rekenen. Leerkrachten kunnen klassikaal wel uitleggen hoe de leerlingen met de episodes van Schoenfeld kunnen werken, maar bij de uitvoering van het model door de leerlingen is individuele hulp nodig. Daarom zijn de episodes van Schoenfeld opgenomen in computerprogramma's met individuele ondersteuning en feedback voor leerlingen. Met de programma's kunnen de leerlingen hun probleemoplossen vaardigheden oefenen. De programma's helpen leerlingen die dat nodig hebben een beetje bij het lezen en herinneren van de juiste rekenkennis en geven ze een leidraad

voor het oplossen van problemen. We bespreken vijf onderzoeken, die van: Harskamp & Suhre (2007), Meijer & Riemersma (2002), Teong (2003), Jacobse (2007) en Jacobse & Harskamp (2009).

Harskamp en Suhre (2007) deden onderzoek naar het oplossen van wiskunde problemen in leerjaar 4 van het VWO. In het onderzoek heeft een groep leerlingen met behulp van een computerprogramma aanwijzingen gekregen bij de episodes van Schoenfeld en de andere groep heeft geen hulp gekregen bij het oplossen van problemen. De hulp bestond uit hints bij de episodes: lezen en analyseren, exploreren van de nodige kennis, plan maken en controleren en reflecteren op de uitkomst. De hints bestonden niet alleen uit vragen voor leerlingen maar ook uit inhoudelijke aanwijzingen die leerlingen een eindje op weg hielpen. Deze hints waren verkregen door bij goede probleemoplossers na te gaan hoe ze de wiskundeopgaven oplosten. In het onderzoek waren leerlingen vrij in het kiezen van de hulp bij de episodes en konden drie keer antwoord geven. Het bleek dat de groep leerlingen die de mogelijkheid hebben gehad om hints te raadplegen beter in staat waren om wiskunde problemen op te lossen dan leerlingen die geen hints hebben mogen raadplegen.

In de studie van *Meijer en Riemersma* (2002) zijn leerlingen uit de brugklas van het middelbaar onderwijs bij het onderzoek betrokken. Het doel van de studie was om na te gaan of het bieden van hulp in de episodes: lezen, analyseren, verkennen, plannen en implementeren helpt bij het leren oplossen van rekenwiskunde problemen. Voor elke episode waren meerdere hints. De hints liepen op in inhoudelijkheid. De eerste hint was meer algemeen en in vraagvorm zoals ook Schoenfeld die gaf, maar de volgende hint was meer inhoudelijk.

In het onderzoek heeft een groep leerlingen individueel gewerkt aan wiskunde problemen waarbij hulp in het computerprogramma geraadpleegd kon worden. Leerlingen waren vrij in het kiezen van hulp en de volgorde waarin ze hulp bij de episodes kozen. Leerlingen van de controlegroep hebben op de traditionele manier onderwijs gekregen. Uit het onderzoek blijkt dat leerlingen die een relatieve hoge intelligentie score hebben en een goed beheersing van wiskunde het meest profiteerden van de hints uit het computerprogramma. Minder intelligente leerlingen en zwakke rekenaars profiteerden echter niet van het programma met hints. Ze bleken meer moeite met het bewaken van hun eigen oplossingsproces te hebben dan sterke rekenaars.

Teong (2003) concentreerde zich op het verbeteren van het gebruik van het model van Schoenfeld. Zijn ideaal was om leerlingen dat model te laten internaliseren, zodat ze stap voor stap de verschillende episodes gingen gebruiken. Teong richtte zich

speciaal op 11 en 12 jarige zwakke rekenaars. Hij ontwierp de volgende oplossingsstappen: Careful Reading, Recall possible strategies, Implement a strategy, Monitor and Evaluate (CRIME). Bij elke stap waren er vragen voor de leerlingen om de oplossing voor hen dichterbij te brengen. Bijvoorbeeld: Careful Reading (heb je de tekst gelezen en weet je wat je wat de vraag is?), Recall Possible Strategies (Teken de situatie in de opgave, gebruik kleinere getallen en probeer de opgave eens, denk een antwoord en probeer terug te redeneren, etc), Implement (Heb je een schema getekend van de opgave, welke relaties zijn er in het schema, kun je een som ervan maken?), Monitor (Ben je op de goede weg, heb je de juiste aanpak gekozen, hoe weet je dat?) en Evaluation (Kan dit antwoord passen bij de vraag?). De aanpak komt goed overeen met die van Schoenfeld.

De leerlingen werden in een experimentele groep en een controlegroep verdeeld. De experimentele groep kreeg een computerprogramma met toepassingsopgaven en een training in het gebruik van CRIME. Tijdens het werken hadden ze een kaart met de CRIME stappen en vragen die ze zo veel mogelijk moesten gebruiken bij het oplossen van opgaven. De controlegroep gebruikte het computerprogramma met de opgaven zonder CRIME.

De resultaten op natoetsen laten zien dat de zwakke rekenaars in de experimentele groep duidelijk meer profiteerden van de interventie waarin de episodes van Schoenfeld zijn verwerkt dan de zwakke rekenaars in de controlegroep die alleen opgaven oefenden in het computerprogramma (Teong, 2003).

Jacobse (2007) deed onderzoek naar een systematische aanpak in verschillende episodes bij het probleemoplossen. Ook hierbij was het model van Schoenfeld uitgangspunt. Het model werd vormgegeven in de Takentrap. De stappen op de Takentrap zijn gebaseerd op de episodes van Schoenfeld en zijn onderzocht in het basisonderwijs (*Jacobse*, 2007; *Jacobse & Harskamp*, 2009). In de Takentrap worden een viertal episodes onderscheiden.

<i>Takentrap Rekenen</i>
(1) ik lees heel goed
(2) ik maak een plan
(3) ik controleer mijn antwoord
(4) wat leer ik ervan?

Figuur 2.2: Episodes in de Takentrap

De eerste episode, *ik lees heel goed*, dient ter oriëntatie op de toepassingsopgave waarbij inhoudelijke aanwijzingen worden gegeven door delen van de tekst of illustratie die belangrijk zijn uit te lichten. Het *maken van een plan* om een antwoord te vinden op de opgave is de tweede episode in de Takentrap. In deze episode zoeken leerlingen de juiste rekenkennis en maken ze een plan om deze toe te passen. De stap die leerlingen hier moeten doen komt overeen met twee episodes uit het model van Schoenfeld, namelijk verkennen en plannen. De hulpaanwijzingen die gegeven worden zijn het laten zien welke kennis nodig is voor een bepaalde opgave en een begin van een plan om de opgave op te lossen. Voor het uitvoeren van een plan (plan die aangeeft welke rekenbewerkingen –rekensommen– moeten worden uitgevoerd) zijn geen hulpaanwijzingen, want van hen wordt verwacht dat ze het gevraagde rekenniveau beheersen.

De derde episode is *ik controleer mijn antwoord*. Dit doen leerlingen door de berekening na te gaan die ze hebben opgeschreven op kladpapier. Ze voeren vervolgens het verkregen antwoord in en ze krijgen direct feedback of het antwoord goed of fout is. Indien een antwoord correct is gegeven vervolgen ze hun weg door naar de episode *wat leer ik ervan* te gaan. Bij een fout antwoord dienen leerlingen voorgaande episodes opnieuw door te nemen. In totaal mogen ze driemaal een antwoord geven.

In de episode *wat leer ik ervan* wordt door de leerlingen gereflecteerd op het proces van het oplossen van de opgave. Allereerst wordt een modelantwoord van de opgave getoond. Het modelantwoord bestaat uit een illustratie, de berekening en het antwoord. Vervolgens dienen leerlingen een reflectievraag te beantwoorden. Leerlingen kunnen twee verschillende reflectievragen krijgen, één voor een fout gegeven antwoord en één voor een correct antwoord. De laatste twee episodes komen overeen met de episode controleren uit het model van Schoenfeld. Jacobse gebruikt dus de episodes van Schoenfeld maar voegt daar naast vragen over een episode ook inhoudelijke aanwijzingen aan toe.

Jacobse en Harskamp (2009) hebben onderzoek gedaan naar het effect van de Takentrap bij twee groepen leerlingen in groep 6 van de basisschool. De experimentele groep kreeg een computerprogramma met inhoudelijke hints geordend volgens de Takentrap. De controlegroep volgde gewone rekenlessen. Het onderzoek laat zien dat leerlingen in de experimentele groep betere resultaten behaalden op een natoets probleemoplossen maar ook dat naar mate leerlingen de hints meer gebruikten hadden zij betere resultaten behaalden. Er waren geen specifieke effecten voor leerlingen die hogere of juist lager dan gemiddeld scoorden op de voortoets. Het programma is dus even geschikt voor zowel goede als minder goede rekenaars in een klas.

In het onderzoek waarvan we hier verslag doen zullen we gebruik maken van de Takentrap en deze vullen met opgaven en hints voor groep 7 van de basisschool. We willen daarbij echter nagaan of hints in plaats van schriftelijk ook auditief kunnen worden aangeboden zodat leerlingen de extra informatie van de hints makkelijker kunnen verwerken.

2.3 Leren probleemoplossen: hulp met menselijke stem of leestekst

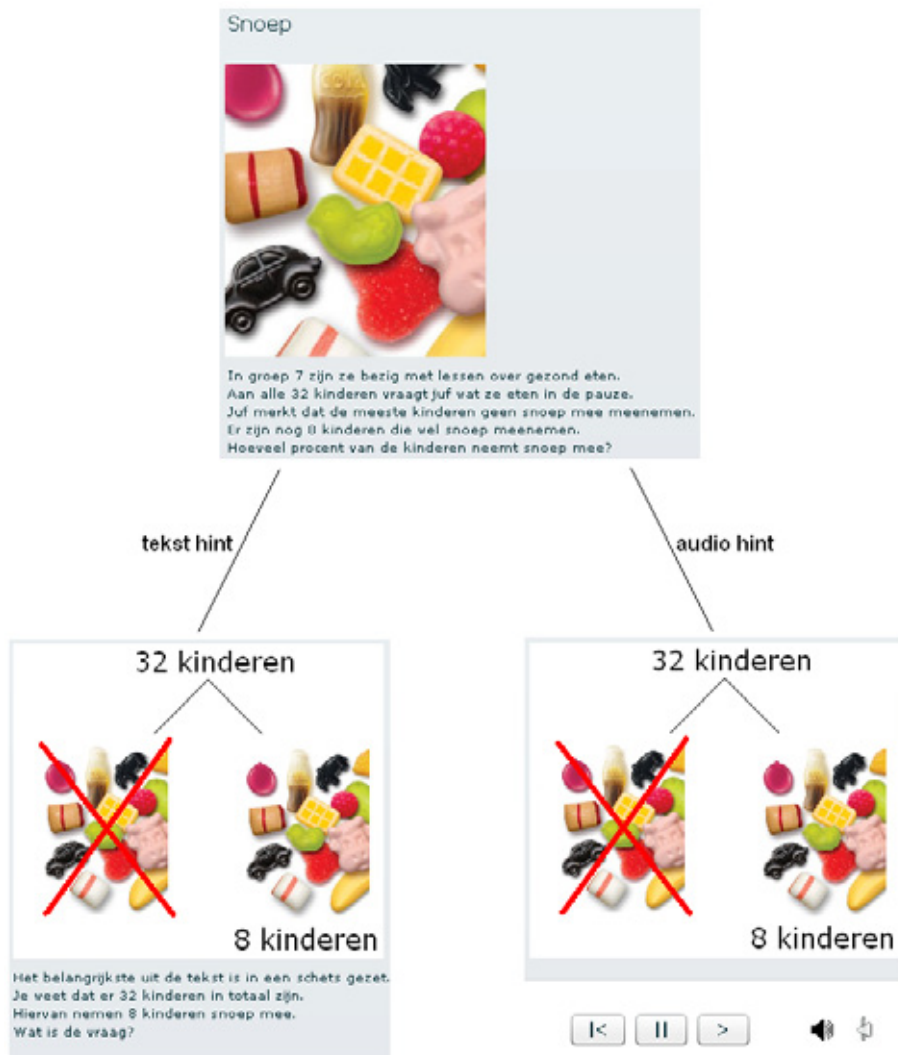
In een computerprogramma kunnen de hulpaanwijzingen bij de toepassingsopgaven op verschillende manieren kunnen worden gepresenteerd. Een van de mogelijkheden om nieuwe informatie vlot te laten verwerken door leerlingen is om de informatie aan te bieden met een schema en een menselijke stem die uitleg geeft of met een schema en tekstuitleg die leerlingen zelf moeten lezen.

Verscheidende onderzoekers hebben er op gewezen dat de menselijke stem in computerprogramma de aandacht trekt en de lerenden motiveert. Moreno, Mayer, Spires & Lester (2001) lieten basisschoolleerlingen een programma doorwerken waarin vragen werden gesteld over de manier waarop een plant groeit. Hun onderzoek laat zien dat gesproken geanimeerde hulpaanwijzingen in het programma (een sprekende kever) effectiever voor het leerresultaat zijn dan geschreven geanimeerde hulpaanwijzingen. Ze menen dat het voor de gesproken hulpaanwijzing niet uitmaakt of er een figuurtje aanwezig is maar dat het vooral de menselijke stem is die de hulpaanwijzing persoonlijk maakt en daardoor leerlingen beter doet opletten en meer motiveert dan bij geschreven aanwijzingen.

Litman, Rose en anderen (2006) vergeleken tekstuele leergesprekken met mondelinge leergesprekken bij het leren van natuurkunde in vwo-3 (vijftienjarigen). Zij stelden vast dat in leergesprekken met een chatprogramma er een groot verschil was of de leerkracht en de leerlingen mondeling communiceerden of dat de leerkracht en de leerlingen via getypte tekst communiceerden. Mondelinge communicatie was effectiever. Wanneer de communicatie echter via een computerprogramma verliep, die standaard-antwoorden had voor vragen van leerlingen, maakte het voor de leerresultaten niet uit of een menselijke stem antwoord gaf op de mondelinge vragen van de leerling of dat de leerling antwoord kreeg via een schriftelijke tekst. Het is dus nog geen uitgemaakte zaak of audio-uitleg in een computerprogramma effectiever zijn dan tekstuele uitleg. Maar het is wel een interessante vraag voor onderzoek.

Een plan is om de hulpaanwijzingen binnen het programma De Takentrap te variëren. Er kan een versie van het programma worden gemaakt met hulpaanwijzingen

verdeeld in beeld en in audio-uitleg en in een andere versie in beeld en tekst-uitleg. In figuur 2.3 is geschematiseerd hoe dat kan gebeuren.



Figuur 2.3: Verschil in informatieoverdracht bij hulpaanwijzingen

Het oplossen van een toepassingsopgave begint in de Takentrap met het lezen van de opgave zelf (zie de uitleg hier boven). De opgave bestaat uit een titel, in dit geval Snoep, een illustratie en de tekst waarin het probleem en de vraag staan omschreven. Vervolgens bepalen leerlingen zelf of ze de opgave zonder of met hulp willen oplos-

sen. De eerste hint die de leerlingen kunnen kiezen zal bestaan uit hulp bij het analyseren van de tekst: wat staat er eigenlijk in de opgave en wat is de vraag? In de audio-versie wordt de uitleg automatisch afgespeeld en in tekstversie kunnen ze de uitleg lezen.

De vrijwilligheid in het kiezen van hints is typerend voor de Takentrap. Leerlingen worden niet gedwongen om de verschillende hints in de Takentrap stap voor stap te doorlopen, maar moeten op de trap zelf kiezen of en bij welke episode, ze hulp nodig hebben.

Kunnen we er nu, net als bij het onderzoek van Moreno en anderen (2001) uitgaan dat de informatie uit de audio-en-beeld hints beter wordt begrepen dan de informatie uit de tekst-en-beeld hints? We maken enkele kanttekeningen. Er zijn namelijk verschillen tussen de wijze waarop Moreno audio en beeld gebruikt en de manier waarop wij dat van plan zijn te doen.

De nieuwe hulpinformatie die we aanbieden wordt toegevoegd aan de opgave-tekst. Dat komt overeen met Moreno's onderzoek. Maar in ons onderzoek kunnen leerlingen er voor kiezen de hulpinformatie wel of niet te gebruiken. Bij het onderzoek van Moreno kwamen de hulpaanwijzingen ongevraagd en hadden leerlingen geen keuze. Alle leerlingen kregen dus de hulpaanwijzingen.

In het algemeen zal hulp niet werken bij leerlingen die de opgave niet goed hebben gelezen of die de opgave helemaal niet lezen maar meteen de hints raadplegen. De hulp zal waarschijnlijk ook niet leiden tot beter probleemoplossen als leerlingen de opgave zonder hulp kunnen oplossen, maar er toch voor kiezen om hulpaanwijzingen te raadplegen. De informatie in de hints is dan immers al bekend bij de leerling. Een tekstuele hint die je even doorkijkt zal dan zelfs effectiever zijn dan een audio-hint die je helemaal moet afluisteren.

Hints werken dus waarschijnlijk alleen maar bevorderend voor het leren probleemoplossen als leerlingen de hulp gebruiken indien ze echt vast zitten en een steuntje in de rug kunnen gebruiken. In dat geval is onze verwachting dat de hulp efficiënter is in de vorm van een schema met audio-uitleg dan in de vorm van een schema met tekstuitleg. Voorwaarde is wel dat leerlingen even veel tijd krijgen voor het gebruik van de hints.

2.4 Onderzoeksvragen

In het onderzoek willen we in de eerste plaats nagaan of oefening van leerlingen in het oplossen van toepassingsopgaven met de Takentrap tot meer vaardigheden in het

zelfstandig probleemoplossen leidt dan het oefenen van toepassingsopgaven zonder hulp van de Takentrap.

De *eerste onderzoeksvraag* is: leidt het gebruik van de versies van het programma met hints tot betere resultaten in het oplossen van toepassingsopgaven reken/wiskunde dan het programma zonder hints?

In de tweede plaats willen we nagaan of zwakke probleemoplossers die met een audio-versie van de hulp in de Takentrap werken meer vaardigheden in probleemoplossen ontwikkelen dan zwakke probleemoplossers die met de tekst-versie van de Takentrap werken.

De *tweede onderzoeksvraag* is: is de audio-versie van het programma effectiever dan de tekstversie en is deze versie extra effectief voor zwakke rekenaars?

Het is van belang dat leerlingen in de verschillende onderzoeksgroepen ongeveer evenveel opgaven maken en in de audio- of tekstversie ongeveer evenveel gebruik van de hints bij de opgaven maken om de vraagstellingen goed te kunnen onderzoeken. Daarom moet het onderzoek zo worden uitgevoerd dat er regelmatig toezicht is op het werk van de leerlingen en dat ze hun programma gebruiken zoals bedoeld.

3 Onderzoeksopzet

3.1 Voorafgaande rekentraining

Het doel van de voorafgaande training was om de klassen leerlingen uit groep 7 die met dit onderzoek gingen meedoen op een enigszins aanvaardbaar rekenniveau te brengen zodat ze hun rekenkennis konden toepassen. Het gaat daarbij om basiskennis van breuken, procenten, kommagetallen en meten (lengte en oppervlakte). Het was leerstof die al in de rekenmethode al was behandeld. Leerlingen moesten hun kennis over deze onderwerpen toepassen in een computerprogramma met toepassingsopgaven. Per onderwerp zijn met een hele klas herhalingsopgaven op het whiteboard behandeld en de leerlingen maakten steeds enige oefeningen tussendoor. Tijdens de verwerkingsopdrachten is er extra instructie gegeven aan leerlingen die beperkte rekenkennis bleken te hebben. Leerlingen konden deelnemen aan het onderzoek als ze op de rekenvaardigheidstoets na de rekentraining minimaal 25% goed hadden. De allermakkelijkste rekenaars die in hun rekenlessen meestal in het rekenboekje van een vorig leerjaar rekenden werden op deze manier niet voor het onderzoek geselecteerd. Enkele van hen hebben zo lang zij dat wilden ook met het computerprogramma gewerkt, maar konden de meeste opgaven niet maken.

3.2 Overzicht van de onderzoeksopzet

Het onderzoek wil nagaan of gebruik van hints bij het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen leidt tot verbetering van probleemoplossingsvaardigheden bij leerlingen. Er zijn twee experimentele groepen met elk een versie van het hintsprogramma Takentrap Rekenen en een controlegroep die dezelfde toepassingsopgaven als in het programma oefent zonder hints.

Het onderzoek is uitgevoerd in vijf groepen 7 op drie openbare basisscholen in de provincie Groningen. De drie scholen staan bij de Inspectie van het Onderwijs onder basistoezicht. Dit houdt in dat er bij de drie scholen geen risico's zijn voor de kwaliteit van het onderwijs (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, 2010). Geen van de leerlingen heeft eerder met het computerprogramma of met de Takentrap gewerkt. Na de opfriscursus zijn leerlingen schriftelijk getoetst op hun parate

kennis op de onderwerpen breuken, procenten, kommagetallen en meten: lengte en oppervlakte (zie figuur 3.6). Ze kregen 40 seconden per opgave. Het bleek dat 106 leerlingen meer dan 25% goed hadden op de toets en deze werden geselecteerd voor het onderzoek. De 24 leerlingen die niet zijn opgenomen in het onderzoek misten de meest noodzakelijke basiskennis. Na de selectie werden leerlingen in elke klas willekeurig toegewezen aan een van de drie condities. Tabel 3.1 geeft een overzicht hoe de leerlingen zijn verdeeld over de drie condities.

Tabel 3.1 Overzicht leerlingen in de 3 condities

Conditie	Leerlingen
Audio	36
Tekst	33
Controle	37
Totaal	106

Na de willekeurige toewijzing zijn leerlingen per onderzoeksconditie getraind in het gebruik van hun versie van het programma. Leerlingen van de twee experimentele onderzoeksgroepen (de audio- en tekst-groep, zie tabel 3.1) hebben daarbij aanwijzingen gekregen hoe de episodes van de Takentrap toe te passen bij de opgaven. Leerlingen van de controlegroep hebben training gekregen in het programma maar dan zonder de Takentrap. Vervolgens is klassikaal de schriftelijke voortoets toepassingsopgaven afgenomen en is gestart met het onderzoek.

Voortoets probleemoplossen		
Audio onderzoeksgroep 12 computerlessen met auditiële hulpaanwijzingen	Tekst onderzoeksgroep 12 computerlessen met tekstuele hulpaanwijzingen	Controle onderzoeksgroep 12 computerlessen zonder hulpaanwijzingen
Natoets probleemoplossen		

Figuur 3.1: Overzicht van het experiment

De interventie bestaat uit 12 oefenlessen met toepassingsopgaven die elk 25 minuten duren, waarbij kleine groepen leerlingen buiten het klaslokaal les zijn onderwezen. Een les is opgebouwd uit een 5 minuten durende inleiding waar organisatorische handelen zijn verricht, zoals het uitdelen van de inlognamen per leerling. Na de inleiding hebben alle leerlingen 20 minuten de tijd om gekregen om individueel achter een computer te werken aan 6 toepassingsopgaven. Tijdens de lessen zitten leerlingen van de audio- en tekst-versie door elkaar. Alle leerlingen, ook van de controle-

groep, hebben tijdens de individuele verwerking een koptelefoon op. Elke week zijn er twee computerlessen gegeven. Na de interventie is een schriftelijke natoets probleemoplossen afgenomen bij alle leerlingen.

3.3 Het computerprogramma

Het doel is om het probleemoplossende vaardigheden van leerlingen te verbeteren. Hiervoor is een nieuw computerprogramma door de instrumentatiedienst van het RUG ontwikkeld. In dat programma zijn opgaven en de hintstructuur uit het Taken-trapprogramma van Jacobse (2007) opgenomen en er zijn nieuwe opgaven en hints toegevoegd. Er zijn drie versies van het programma gemaakt: (1) een audio-versie waarin leerlingen hulp kunnen raadplegen in de vorm van een visueel schema met gesproken tekst, (2) een tekstversie waar leerlingen hints kunnen opvragen met een visueel schema' en geschreven tekst en (3) een controleversie waarin leerlingen geen hulp ontvangen maar wel de opgaven doen.

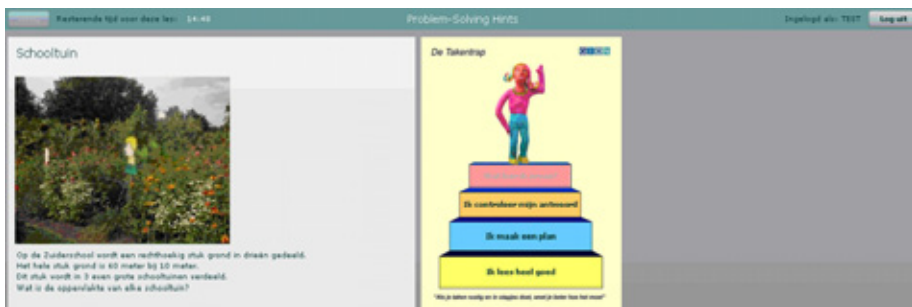
Tijdens elk van de twaalf sessies dienen de leerlingen zes toepassingsopgaven te maken, variërend van gemakkelijk naar moeilijk. De opgaven moeten in een vaste volgorde worden doorlopen. In totaal zijn er 72 opgaven aangeboden en deze zijn gelijk verdeeld over de onderwerpen breuken, kommagetallen, meten en procenten. In elke conditie duurt een sessie 30 minuten waarvan leerlingen maximaal 20 minuten in de digitale leeromgeving kunnen werken. Deze tijdslimiet is ingesteld zodat alle leerlingen de kans hebben om alle opgaven te maken.

Om toegang te krijgen tot de opgaven in het computerprogramma moeten leerlingen inloggen met hun eigen unieke inlognaam en wachtwoord welke door de onderzoeker aan het begin van de les aan elke leerling is verstrekt. Na het inloggen worden leerlingen doorverwezen naar het introductiescherm waarin de sessie (les) is vermeld die ze gaan doen. Na elke gemaakte opgave in een sessie keren leerlingen terug in dit introductiescherm. De opgaven die leerlingen al hebben voltooid worden hier aangemerkt als 'gedaan' zodat leerlingen weten welke opgaven ze hebben gemaakt en nog moeten maken. Dit is voor elke onderzoeksgroep gelijk.

In alle onderzoeksgroepen (condities) krijgen leerlingen na het introductiescherm een toepassingsopgave. In beide experimentele condities is er een Takentrap in het midden van het scherm afgebeeld. Klikken de leerlingen op een stap op de trap (bijvoorbeeld *Ik lees heel goed*) dan verschijnt een hint. De hints kennen een tijdslimiet, maar zijn elk wel tweemaal opvraagbaar. De leerlingen bepalen zelf of ze gebruik maken van de hints. De Takentrap bestaat uit vier episodes, namelijk uit de episodes 'ik lees heel goed', 'ik maak een plan', 'ik controleer mijn antwoord' en 'wat leer ik

ervan?’. Alleen voor de eerste twee episodes is hulp tijdens het oplossen en de laatste twee episodes komen na het oplossen.

In de controleconditie is er geen Takentrap en kunnen de leerlingen geen hulp krijgen. Wel wordt aangegeven of een opgave goed of fout is beantwoord en zijn er ook daar drie antwoordpogingen toegestaan.



Figuur 3.2: Beginscherm met opgave en Takentrap (gelijk voor audio- en tekstversie)

De tijd is voor de leerlingen zichtbaar gemaakt in een blauwe balk die kleiner wordt naarmate het aantal seconden vordert. Zodra de balk weg is, is de hint niet meer zichtbaar. De duur is gebaseerd op insprektijd van de hint. In figuur 3.3 is de illustratie met tekst bij de hint ‘ik lees heel goed’ weergegeven. Het gaat om de tekstversie.



Figuur 3.3 Screenshot van hint ‘ik lees heel goed’ in de tekstconditie

Voor de hint ‘ik lees heel goed’ wordt in de audio-versie hetzelfde schema getoond. De tekst is vervangen door audio-uitleg maar is verder gelijk. Leerlingen kunnen tijdens de audio-hint op pauze drukken en de hint weer vanaf het begin afspelen, maar hen is geadviseerd om dit niet te doen in verband met de gelimiteerde tijdsduur

van een hint. Zodra leerlingen voor deze episode hebben gekozen wordt automatisch de gesproken uitleg afgespeeld.

De hint ‘ik maak een plan’ richt zich op het toepassen van hun rekenkennis. Deze hint is opgebouwd uit een schema en uitleg. In het schema is een bepaalde strategie gekozen waar leerlingen zelf hun rekenkennis op moeten toepassen. Leerlingen kunnen er bijvoorbeeld voor kiezen om de rechthoek horizontaal te verdelen. Ze moeten dan beseffen dat de oppervlakte gelijk is aan die in het schema van de hint en dat de manier van oplossen maar een klein beetje anders wordt en de uitkomst gelijk. Het schema in de hint bouwt voort op het schema bij de hint ‘ik lees heel goed’. Ook deze hint is een beperkte tijd zichtbaar.



Figuur 3.4 Hint ‘ik maak een plan’ in de tekstconditie

In elke conditie is driemaal de mogelijkheid geboden om te antwoorden. In het antwoordveld kunnen leerlingen alleen antwoord geven in getallen en indien nodig zijn komma's en schuine streep (voor breuken) ook toegestaan. Tekens, zoals procenten en euro's, zijn niet toegestaan in verband met de foutgevoeligheid van het programma met spaties tussen de betreffende tekens en de getallen. Over de verschillende antwoordmogelijkheden zijn de leerlingen uitvoerig geïnformeerd.

De informatie over de laatste episode ‘wat leer ik ervan?’ kan pas worden opgevraagd nadat het laatste antwoord is gegeven. Zodra leerlingen bij dit scherm zijn beland, kunnen ze niet meer gebruik maken van de andere episodes in de Takentrap. In deze episode wordt een voorbeeldantwoord gegeven waarbij gebruik wordt gemaakt van een visueel schema zoals die bij de hints zijn gebruikt (figuur 3.5).



Figuur 3.5 Uitleg van de opgave bij de episode 'wat leer ik ervan?' in tekstconditie

Nadat leerlingen de uitleg hebben gelezen of beluisterd gaan ze door naar een laatste vraag die gaat over hun oplossingsproces. De vraag verschilt niet tussen beide experimentele condities maar verschilt wel tussen leerlingen die het juiste antwoord hebben gegeven en leerlingen die het antwoord fout hebben ingevuld. Bij de meerkeuzevraag over de opgave waar een goed antwoord is ingevuld wordt reflectie gevraagd over welke episodes volgens de deelnemer goed zijn gegaan. Bij het niet correct kunnen oplossen van de opgave gaat de vraag er om leerlingen te laten reflecteren over welke episodes niet goed zijn gegaan.

Nadat de leerling een of meerdere episodes heeft aangeklikt komt deze weer bij het introductiescherm uit. Indien de leerling alle opgaven heeft gemaakt zal worden gezocht om uit te loggen.

3.4 Gebruikte toetsen

Met toetsen zijn de rekenvaardigheid en de probleemoplossende vaardigheden van leerlingen vastgesteld. Het gaat in het onderzoek vooral om probleemoplossen, maar daarvoor moeten leerlingen wel een minimum aan rekenvaardigheid bezitten.

De rekenvaardigheidstoets is gebruikt om leerlingen te selecteren die vrijwel geen vaardigheid hebben in breuken, procenten, kommagetallen en meten (lengte en oppervlakte). De toets bestaat uit 26 sommen. De sommen werden met behulp van een powerpointpresentatie aangeboden. Elke som werd 40 seconden weergegeven. De antwoorden hebben leerlingen op een antwoordenblad verwerkt. Figuur 3.6 geeft een indicatie welke sommen aan leerlingen zijn aangeboden.

opgave 1 10% van 160 =	opgave 2 175 mm = dm
opgave 3 € 36,12 : 6 =	opgave 4 $\frac{2}{3} - \frac{1}{4} =$

Figuur 3.6 Vier sommen uit de rekenvaardigheidstoets

Om het effect van het programma met de Takentrap vast te stellen, zijn een voor- en een natoets afgenomen met toepassingsopgaven rekenen. De vragen in de toetsen met toepassingsopgaven zijn gebaseerd op opgaven van de PPON Rekenen 2004 (Janssen et al, 2005). In beide toetsen zijn 20 analoge toepassingsopgaven opgenomen (vergelijk figuur 3.8 en 3.9). De inhoud van de opgaven in de natoets was dezelfde als die in de voortoets, alleen de situatie is in elke opgaven veranderd. De opgaven veronderstellen de toepassing van vier verschillende rekenonderwerpen, namelijk: opgaven over breuken, procenten, kommagetallen of meten. Deze typen opgaven zijn gelijk verdeeld binnen de toetsen.

De betrouwbaarheid van de rekenvaardigheidstoets bleek goed ($\alpha = .85$) en ook die van de voor- en natoets toepassingsopgaven was in orde ($\alpha = .88$ en $\alpha .86$). De correlatie tussen de voortoets en natoets is .83 ($p=.00$). Deze correlatie geeft aan dat de toetsen hetzelfde meten, namelijk probleemoplossende vaardigheden. De toetsen kunnen daarom gebruikt worden om de scores van de onderzoeksgroepen met elkaar te vergelijken en om rekening te houden met verschillen tussen leerlingen in probleemoplossende vaardigheden voorafgaande aan het onderzoek.

Opgave 1

Cevdet zijn televisie is kapot gegaan.

Hij koopt de volgende dag een nieuwe televisie van € 453,-.

De televisie betaalt hij in 6 gelijke delen.

Hoeveel betaalt Cevdet per keer?

Opgave 2

Ria wil graag een nieuwe laptop kopen.

Hiervoor is ze al een jaar aan het sparen.

Ze heeft al € 400,- gespaard.

Het bedrag wat ze heeft gespaard is 80% van de prijs.

Hoe duur is de laptop die Ria wil kopen?

Figuur 3.8 Twee opgaven uit de voortoets

Opgave 1

Het zonnescerm van Iris is kapot gegaan.

Ze koopt de volgende dag een nieuw zonnescerm voor € 453,-.

Deze betaalt ze in 6 gelijke delen.

Hoeveel betaalt Iris per keer?

Opgave 2

Roeland wil graag een nieuwe fiets kopen.

Hiervoor is hij al een jaar aan het sparen.

Hij heeft al € 400,- gespaard.

Het bedrag wat hij heeft gespaard is 80% van de prijs.

Hoe duur is de fiets die Roeland wil kopen?

Figuur 3.9 Twee 'identieke' opgaven uit de natoets

4 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de implementatie van het computerprogramma, daarna worden de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 2 beantwoord.

4.1 Gebruik van de versies van het computerprogramma door de leerlingen

In totaal is de mogelijkheid aan 106 leerlingen geboden om 72 toepassingsopgaven rekenen te maken in het computerprogramma. De toepassingsopgaven in de twee experimentele onderzoeksgroepen zijn voorzien van metacognitieve hulpaanwijzingen en deze hulpaanwijzingen zijn bedoeld voor leerlingen die opgaven niet zelfstandig kunnen oplossen en hulp nodig hebben bij de verschillende episodes. De leerlingen van de controle onderzoeksgroep krijgen dezelfde opgaven, maar dan zonder de hints.

Aantal gemaakte opgaven uit het programma

Tabel 4.1 geeft een overzicht van het aantal gemiddeld gemaakte opgaven en van het gemiddelde hintgebruik in beide experimentele condities. Het aantal gemaakte opgaven ligt in de audio-conditie met gemiddeld 60 iets lager dan het gemiddelde van 62 gemaakte opgaven in de tekstconditie. Deze resultaten betekenen dat gemiddeld rond de 80% van de opgaven door de leerlingen uit de experimentele condities is gedaan. De leerlingen uit de controleconditie hebben 66 van de 72 opgave (92%) gedaan. Er is een duidelijk verschil (zie bijlage 1, punt a voor meer details). Het verschil in gemaakte opgaven kan verklaard worden vanwege het ontbreken van hulpaanwijzingen in de controleconditie waardoor deze leerlingen op een vlottere manier hebben kunnen doorwerken dan leerlingen van de experimentele onderzoeksgroepen. De resultaten houden in dat leerlingen in alle drie de condities gemiddeld genomen voldoende hebben kunnen oefenen met de toepassingsopgaven.

Tabel 4.1 Gemiddeld gemaakte opgaven in het programma van de onderzoekscondities

Conditie	Totaal gemaakte opgaven (0-72)	Opgaven gemaakt met hints	Opgaven gemaakt zonder hints	N
Audio	59,7 (9,2)	32,0 (11,9)	27,7 (16,2)	36
Tekst	62,1 (9,0)	29,0 (10,6)	33,1 (13,5)	33
Controle	66,4 (5,2)			37

Aantal opgaven gemaakt met en zonder hulp

Tabel 4.1 laat verder zien dat leerlingen van de audio-conditie gemiddeld gezien 32 opgaven met hulp maken tegen 29 opgaven in de tekstconditie. Het opvragen van hulpaanwijzingen ligt in beide condities rond de 50% van de opgaven. Enerzijds is dit een aanwijzing dat leerlingen voldoende hebben geoefend met de hulpaanwijzingen om de opgaven te maken, anderzijds geeft het ook een indicatie dat leerlingen ook zelf in staat zijn om opgaven te maken zonder hulpaanwijzingen van het computerprogramma.

Er zijn verdere analyses gedaan van het gebruik van de twee hints: ‘ik lees heel goed’ en ‘ik maak een plan’. Ik lees heel goed is in beide condities ongeveer evenveel gebruikt. Ook is er geen verschil in gebruik gevonden van deze hint tussen leerlingen in beide condities die hoger dan wel lager dan het gemiddeld scoorden op de voortoets probleemoplossen. (zie verder bijlage 1 punt b). De zwakkere probleemoplossers in beide condities gebruiken de hint ‘ik lees heel goed’ dus niet meer dan de betere probleemoplossers. Er is daarna gekeken hoe vaak de hint ‘ik maak een plan’ is geraadpleegd door de leerlingen in de audio- en de tekstconditie. Er is een verschil gevonden in het gemiddelde gebruik van deze hint tussen de leerlingen van de twee condities. De hint wordt vaker door leerlingen gebruikt die de audio-conditie hebben gedaan. Er is wederom geen verschil in gebruik van ‘ik maak een plan’ gevonden tussen de betere en de slechtere probleemoplossers in beide condities (zie bijlage 1 punt c). De zwakkere probleemoplossers van de tekstconditie gebruiken de hint ongeveer even vaak als die van de audio-conditie. Dat geldt ook voor de betere probleemoplossers in de twee condities.

De derde hint is ‘ik controleer mijn antwoord’. Deze hint bestond voor alle drie de condities. De leerlingen moesten hun antwoord geven. Ze kregen drie kansen en feedback goed of fout. Hierboven is al aangegeven dat er een verschil is tussen de controleconditie en de twee experimentele condities in aantal gemaakte opgaven en gebruik van het antwoord.

De vierde hint is ‘wat leer ik ervan’. Er is alleen verschil in goed of fout gemaakte opgaven. Als leerlingen een opgave goed hadden dan gaven ze aan alle episodes te hebben gebruikt. Als leerlingen het fout hadden werden een of twee episodes aangegeven waarmee ze problemen hadden.

Aantal goed gemaakte opgaven met en zonder hulp

Maar helpt de hulp? Maken de leerlingen meer opgaven goed na hulp? In tabel 4.2 is het resultaat van de totaal gemaakte opgaven verdeeld in het aantal correct gemaakte opgaven en in het aantal incorrect gemaakte opgaven nadat hints zijn geraadpleegd en zonder het gebruik van hints.

Tabel 4.2 Aantal (in)correcte opgaven na gebruik van hulp

Conditie	Totaal gemaakt (0-72)	Goed na gebruik hints	Fout na gebruik hints	Goed zonder gebruik hints	Fout zonder gebruik hints	N
Audio	59,7 (9,2)	15,0 (6,6)	17,0 (10,7)	23,3 (15,0)	4,4 (6,3)	36
Tekst	62,1 (9,0)	15,4 (8,8)	13,6 (7,7)	26,8 (11,7)	6,3 (7,0)	33
Controle	66,4 (5,2)			32,3 (13,7)	34,1 (13,7)	37

In de audio-conditie hebben leerlingen van de 32 opgaven die zij met hints probeerden op te lossen gemiddeld 15 opgaven met succes beantwoord. In de tekstconditie hebben leerlingen van de 28 opgaven die ze met hints probeerde op te lossen gemiddeld ook zo’n 15 opgaven met succes beantwoord. Hieruit kan worden opgemaakt dat ongeveer de helft van de opgaven die leerlingen van de experimentele condities met hints probeerden op te lossen met succes werd beantwoord en de andere helft dus niet. Dat resultaat lijkt wat tegen te vallen. Een van de verklaringen kan zijn dat leerlingen vooral bij de moeilijke opgaven hulp hebben gebruikt en dat de niet goed opgeloste opgaven niet goed werden begrepen door de leerlingen. De vereiste rekenkennis was bekend bij de leerlingen. We komen hier nog op terug in het slot-hoofdstuk.

Naast het oplossen van toepassingsopgaven met hints hebben leerlingen ook opgaven opgelost zonder gebruik te maken van hints. Leerlingen van de controlegroep hebben gemiddeld 32 opgaven zonder hulp opgelost, tegenover gemiddeld 23 opgaven zonder hulp opgeloste opgaven in de audio-conditie en gemiddeld 27 zonder hulp opgeloste opgaven in de tekstconditie. Tussen de twee experimentele groepen is er geen verschil in percentage zonder hulp goed gemaakte opgaven, maar tussen

de twee experimentele condities en de controleconditie wel. Het procentueel hoger aantal zonder hulp opgeloste toepassingsopgaven in de experimentele groepen geeft een vertekend beeld. Leerlingen in de experimentele groepen hebben waarschijnlijk de moeilijke opgaven met hulp geprobeerd op te lossen, terwijl de leerlingen van de controlegroep alle opgaven zonder hulp moesten oplossen. Dat is waarschijnlijk de reden waarom leerlingen uit de controlegroep naar verhouding minder opgaven goed oplosten.

Het feit dat in de audio- en de tekstconditie leerlingen verhoudingsgewijs vaker een opgave zonder hulp goed hebben beantwoord betekent waarschijnlijk dat deze leerlingen goed konden inschatten bij welke opgaven ze hulp nodig hadden en bij welke niet. Het kan een teken zijn dat de leerlingen bewust gebruik hebben gemaakt van de hulp en goed hun eigen vaardigheden konden inschatten. We hebben echter aan leerlingen uit de controlegroep niet de vraag voorgelegd of ze de opgave zonder hulp zouden kunnen maken. Dus er is hierover geen vergelijking te maken tussen de experimentele groepen en de controlegroep.

Aantal goed in het programma

Tabel 4.3 geeft ons meer inzicht in wat leerlingen hebben gedaan bij de stap ‘ik controleer mijn antwoord’. Het laat zien dat leerlingen van de audio-conditie 53% van het totaal aantal opgaven goed hebben beantwoord en dat leerlingen van de tekstconditie 59% van de toepassingsopgaven correct hebben opgelost. In de controleconditie is slechts 44% van de opgaven correct beantwoord. Leerlingen van beide experimentele condities lossen in het computerprogramma duidelijk meer opgaven goed op dan leerlingen van de controleconditie. Maar, tussen de twee experimentele condities is er geen verschil in aantal goed (zie bijlage 1 punt d).

Tabel 4.3 Percentage goed en fout gemaakte opgaven met en zonder hints

Conditie	Percentage goed van het totaal	Percentage fout van het totaal	Percentage niet gemaakt
Audio	53 %	30 %	17 %
Tekst	59 %	28 %	13 %
Controle	44 %	47 %	9 %

Leerlingen hebben na het modelantwoord ook nog een meerkeuzevraag moeten invullen die betrekking heeft op het oplossingsproces. In totaal waren er zeven verschillende antwoorden mogelijk die te maken hebben met de Takentrap en het oplossingsproces. Leerlingen die de opgave correct hebben beantwoord gaven vaak

aan dat ze al de 7 handelingen goed hadden verricht. Dit in tegenstelling tot leerlingen met een fout antwoord, zij gaven doorgaans aan dat ze 1 of 2 handelingen niet goed hadden gedaan en dat ze de handelingen in de volgende opgave beter zouden doen.

4.2 Voortoets probleemoplossen

Voordat het experiment begon is een toets afgenomen om te zien of er een verschil is in probleemoplossen tussen de drie groepen voordat leerlingen gaan werken met het computerprogramma. In tabel 4.5 staan de gemiddelden per conditie vermeld van de toets probleemoplossen.

Tabel 4.5 Gemiddelde scores van de voortoets probleemoplossen

Conditie	Gemiddelde (0-20)	Standaard deviatie	N
Audio	7,6	5,0	36
Tekst	8,4	4,0	33
Controle	6,2	4,5	37

Als we tabel 4.5 bekijken lijken leerlingen van de tekstconditie iets hoger te scoren dan leerlingen van de audio-conditie en deze lijken weer iets hoger te scoren dan de leerlingen van de controleconditie.

De leerlingen in de drie condities verschilden van te voren enigszins in hun probleemoplossingsvaardigheden en hiermee is rekening gehouden in de analyse.

4.3 Natoetsresultaten

Experimentele condities versus de controleconditie

De eerste onderzoeksvraag gaat over het effect van de versies van het computerprogramma met de Takentrap ten opzichte van de versie in de controleconditie waarin geen systematische hup wordt aangeboden. De verwachting is dat leerlingen die de hulpaanwijzingen van de Takentrap beschikbaar hadden beter in staat zijn om toepassingsopgaven rekenen op te lossen dan leerlingen die dat niet hebben gekregen. Om deze verwachting te kunnen toetsen is nagegaan of leerlingen van de drie condities op de natoets probleemoplossen van elkaar verschilden. Tabel 4.6 laat zien dat

de gemiddelde score op de natoets probleemoplossen van de twee experimentele condities hoger zijn dan die van de controle conditie als er rekening wordt gehouden met de verschillen op de voortoets probleemoplossen.

Tabel 4.6 Gemiddelde scores van natoets probleemoplossen

Conditie	Gemiddelde (0-20)	Standaard deviatie	N
Audio	10,4	4,7	36
Tekst	10,9	3,9	33
Controle	8,0	4,5	37

Uit analyse blijkt dat er een duidelijk verschil is tussen de drie onderzoeksgroepen op de natoets probleemoplossen (zie bijlage 1 punt f). Er is een redelijk groot effect voor het verschil tussen de audio- en de controleconditie (Cohen's $d = .54$). Er is ook een redelijk groot effect tussen de tekst- en controleconditie (Cohen's $d = .72$). Er is geen verschil tussen beide experimentele condities.

De resultaten laten zien dat het zin heeft om leerlingen te laten werken met het Takentrapprogramma. Leerlingen die gewerkt hebben met de Takentrap in het computerprogramma zijn beter in staat om toepassingsopgaven op te lossen dan leerlingen die niet hebben gewerkt met de Takentrap.

Verschillen zijn tussen zwakke leerlingen van de audio- en tekstconditie.

De tweede onderzoeksvraag heeft betrekking op de effectiviteit van het computerprogramma speciaal voor zwakke probleemoplossers. De verwachting is dat leerlingen die lager dan gemiddeld op de voortoets probleemoplossen hebben gescoord in de audio-conditie beter presteren dan hun soortgenoten in de tekstconditie.

Betere en zwakkere leerlingen op de voortoets van beide condities zijn eerst vergeleken op de natoets probleemoplossen. De tabel laat zien dat er op het oog geen groter verschil is in aantal goed voor zwakkere leerlingen uit beide condities in vergelijking met het verschil tussen beide condities voor betere leerlingen.

Tabel 4.7 Gemiddelde natoetsscores voor goede en zwakke leerlingen in de experimentele condities

Conditie	Lager dan gemiddeld op voortoets	Hoger dan gemiddeld op de voortoets
Audio	7,6 (3,9)	14,4 (2,2)
Tekst	8,6 (3,3)	13,4 (2,8)

Ook uit statistische analyse (zie bijlage 1 punt g) blijkt dat er geen duidelijke verschillen zijn tussen zwakkere leerlingen in de audio-conditie vergeleken zijn met hun soortgenoten in de tekstconditie. Er is overigens ook geen verschil op de natoets tussen de betere leerlingen in de audio- en tekstconditie.

5 Conclusie

Dit onderzoek is gericht op de effecten van het computerondersteunend oplossen van toepassingsopgaven rekenen in groep 7 van het basisonderwijs. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de betekenis van de behaalde resultaten.

5.1 Implementatie van het programma in de drie condities

De leerlingen hebben gemiddeld genomen in de drie condities 80% of meer van de opgaven gedaan. De leerlingen in de experimentele conditie hebben bij ongeveer de helft van de opgaven de hulp van de systematische hulpaanwijzingen gebruikt. De opgaven die met hints werden gedaan werden ongeveer voor de helft goed beantwoord. De controlegroep had geen hints ter beschikking en beantwoordde duidelijk minder opgaven goed. We mogen veronderstellen dat leerlingen toch wel iets hadden aan de hints omdat ze de hints gebruikten voor de moeilijkste opgaven en die dan in de helft van de gevallen ook oplosten. Als leerlingen uit de experimentele groepen geen hints gebruikten hadden ze meestal de opgave goed. Waarschijnlijk waren die opgaven ook eenvoudiger.

Over het geheel genomen mogen we concluderen dat de condities zijn uitgevoerd zoals bedoeld als we naar het aantal gemaakte opgaven kijken en het aantal opgaven waarbij gebruik van hints is gemaakt in de experimentele condities.

5.2 De eerste onderzoeksvraag

Er is nagegaan of het gebruik van een computerprogramma met systematische hints in audio- of tekstvorm (Taketrap) tot betere resultaten leidt in het oplossen van toepassingsopgaven reken/wiskunde dan het gebruik van het programma zonder hints. Uit de resultaten op de natoets probleemoplossen blijkt dat er een middelgroot effect is van de experimentele condities in vergelijking met de controleconditie. Na gebruik van de Taketrap zijn leerlingen uit de twee experimentele groepen beter in staat om toepassingsopgaven op te lossen dan leerlingen uit de controlegroep. Voor een verklaring waarom er effect is van de Taketrap kan eerst worden gekeken naar de resultaten tijdens het werken met het programma. Zoals hierboven besproken blijkt dat de leerlingen van de experimentele groepen ongeveer de helft van de op-

gaven met hulpaanwijzingen hebben gemaakt. Er zijn aanwijzingen dat dit juist de moeilijker opgaven zijn. Leerlingen hebben waarschijnlijk geleerd om bewuster te kiezen bij welke opgaven hulp te gebruiken en zijn door de hulpstructuur van de Takentrap zich bewust geworden hoe ze zichzelf vragen kunnen stellen om pittige opgaven op te lossen. Het raadplegen van hulpaanwijzingen houdt namelijk in dat leerlingen inhoudelijk uitleg krijgen over de episode die ze hebben opgevraagd. Daarnaast wordt er in een hint ook een vraag aan de leerling gesteld die de leerling zelfstandig dient te beantwoorden. We vermoeden dat deze combinatie van informatie in de hulpaanwijzingen leerlingen uit de experimentele groepen beter in staat heeft gesteld om de toepassingsopgaven van de natoets te maken.

De positieve uitkomsten van dit onderzoek bevestigen uitkomsten van eerdere studies dat het trainen en oefenen met een Schoenfeld's systematiek het oplossen van rekenkundige problemen bevordert (Jacobse & Harskamp, 2009; Harskamp & Suhre, 2007; Teong, 2003).

5.3 De tweede onderzoeksvraag

Naar aanleiding van de tweede onderzoeksvraag is onderzocht of de audio-versie van het programma extra effectiever is voor zwakke probleemoplossers dan de tekstversie.

Uit de resultaten blijkt dat er geen verschillen tussen zwakke leerlingen zijn wat betreft de frequentie in het hintgebruik. Zwakke probleemoplossers uit de audio-conditie raadplegen in verhouding niet minder vaak een hint dan hun soortgenoten in de tekstconditie. Op zich is dit positief om het effect van audio versus teksthints te vergelijken. Maar in beide versies van het computerprogramma mochten leerlingen tweemaal dezelfde hulpaanwijzing raadplegen. Achteraf kan er worden vastgesteld dat dit het moeilijk maakt om het effect van audio-hints te onderzoeken. Immers Mayer (2001) stelt dat audio-uitleg met een visueel schema alleen effect heeft bij de eerste keer lezen en luisteren. Bij herhaling van de informatie heeft het aanbieden van audio in plaats van tekst geen meerwaarde meer.

Er is gekeken of het effectiever is voor zwakkere probleemoplossers om gebruik te maken van hulpaanwijzingen in audio-uitleg bij een schema dan tekstuitleg. Zwakkere leerlingen zijn leerlingen die op de voortoets onder het gemiddelde scoren. In de vergelijking tussen de twee groepen is gebruik gemaakt van de natoetsscore probleemoplossen. Uit de vergelijking blijkt dat er geen verschil in de gemiddelde natoetsscores is tussen zwakkere leerlingen van beide experimentele condities. Zwakkere leerlingen van beide experimentele condities profiteren evenveel van het com-

puterprogramma. Dat geldt overigens ook voor de betere leerlingen die profiteren evenveel in beide condities waarin de Takentrap is gebruikt.

5.4 Aanbevelingen

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het onderzoek dat nu is uitgevoerd geeft aan dat het programma Takentrap effectiever is voor het leren oplossen van toepassingsopgaven dan het zonder systematische hupaanwijzingen oefenen van opgaven. Deze uitkomst bevestigt en breidt de uitkomsten van eerder onderzoek uit. Jacobse en Harskamp (2009) onderzochten het effect van de Takentrap in vergelijking met een controlegroep die geen oefeningen deed, maar gewone rekenlessen volgde.

Er zijn in dit onderzoek enkele aanwijzingen waarom het Takentrapprogramma effectief is: leerlingen kiezen bewust bij welke opgaven ze hulp willen en de hulp die ze kiezen is bij de moeilijker opgaven. Bij de helft van de moeilijkere opgaven helpt de hulp. In de toekomst kan verder worden ingegaan op de manier waarop leerlingen de hulp gebruiken en hoe bewust ze dit doen (zie het onderzoek van Teong, die paren leerlingen bestudeerden die aan elkaar uitlegden hoe ze de hulpaanwijzingen uit Schoenfeld's episodes gebruikten). Dit zal wellicht ook duidelijk kunnen maken waarom bij sommige van de opgaven de hulp niet helpt.

Daarnaast kunnen we in verder onderzoek nagaan of de combinatie van inhoudelijke aanwijzingen (de schema's met toelichting) en procedurele aanwijzingen (de vragen) ook nader onderzocht kan worden. Te denken valt aan het vergelijken van de Takentrap met een versie waarbij alleen procedurele aanwijzingen worden gegeven (zie de hulpaanwijzingen van Teong in hoofdstuk 1) met een versie waarin zowel inhoudelijke of procedurele aanwijzingen worden gegeven (de huidige Takentrap). Procedurele aanwijzingen (in de vorm van vragen en suggesties) zetten de leerling aan om het eigen leerproces te sturen. Ze worden dan ook wel 'metacognitieve' hints genoemd. Inhoudelijke hulpaanwijzingen zijn er op gericht om leerlingen direct steun te verlenen bij een opgave maar zetten niet direct aan tot het overzien en sturen van het oplossingsproces. Als je de inhoudelijke aanwijzingen echter ordent in episodes nodigt deze ordening echter wel uit tot bewust kiezen en dus tot overzien van het oplossingsproces. Onderzoekers (onder andere Harskamp en Suhre, 2007; Kramarski, & Gutman, 2006; Teong, 2003; Wood & Wood, 1999) denken verschillend over de vraag of procedurele versus inhoudelijke hints afzonderlijke waarde hebben

voor het leren oplossen van problemen. Des te meer reden om hier onderzoek naar te doen.

Aanbevelingen voor de onderwijspraktijk

In het huidige onderzoek is het programma in de drie onderzoekscondities door een onderzoeker met kleine groepjes leerlingen uitgevoerd. De vraag is hoe leerkrachten zelf gebruik kunnen maken van de Takentrap in hun dagelijkse praktijk.

Om de Takentrap toe te passen dienen leerkrachten eerst kennis te hebben genomen van de achtergronden en de werking van de Takentrap. Van belang is dat ze deze kennis kunnen overdragen aan leerlingen hoe de Takentrap te gebruiken bij toepassingsopgaven rekenen. De Takentrap zal met behulp van toepassingsopgaven worden geoefend in een computerprogramma. De leerkrachten zullen dus bekend moeten zijn met de werking van het computerprogramma zodat deze duidelijk aan leerlingen uitgelegd kan worden. In het computerprogramma zullen leerkrachten ook de mogelijkheid hebben om de resultaten van leerlingen te analyseren zodat eventueel leerlingen kunnen worden bijgestuurd. Het bijbrengen van kennis over de Takentrap en computerprogramma zal door middel van workshops kunnen worden gerealiseerd.

Voor leerlingen vereist het werken met het computerprogramma voldoende rekenkennis hebben op het gebied van breuken, procenten, kommagetallen en meten (lengte en oppervlakte). Daarnaast is een goede zelfstandige werkhouding ook van belang, leerlingen maken immers de opgaven individueel op de computer.

Voor het oefenen met de toepassingsopgaven op het computerprogramma dienen er voldoende computers beschikbaar te zijn waar leerlingen het internet op kunnen gaan. Het aantal computers hangt af van het aantal leerlingen. Elke leerling is maximaal 20 minuten bezig met het oefenen op de computer per les en per week dienen er 2 lessen gegeven te worden met behulp van de Takentrap.

6 **Bruikbaarheid van het Takentrap-programma voor andere scholen**

6.1 **Introductie**

Het Takentrapprogramma kan niet zomaar door leerkrachten in hun eigen groep worden gebruikt. De punten die bij vorige paragraaf *Aanbevelingen voor de onderwijspraktijk* worden genoemd zijn namelijk van wezenlijk belang voor een correcte uitvoering van het Takentrapprogramma. De punten kunnen gezien worden als voorwaarden waaraan eerst zal moeten worden voldaan voordat er met de Takentrap gewerkt kan worden. Er is een vragenlijst opgesteld waarmee we in kaart willen brengen hoe waardevol leerkrachten het Takentrapprogramma vinden. Verder wordt gevraagd hoe leerkrachten de uitvoerbaarheid van het Takentrapprogramma inschatten voor gebruik met de eigen groep.

6.2 **Onderzoeksopzet**

Procedure

Van het onderzoek is een korte educatieve film gemaakt die de basisschoolleerkracht een goede indruk geeft hoe het onderzoek is uitgevoerd en hoe het programma op scholen is gebruikt. Deze film zal aan het begin van de online vragenlijst aan basisschoolleerkrachten worden gepresenteerd. Vervolgens worden twaalf vragen aan de leerkrachten gesteld over het Takentrapprogramma. De vragenlijst is afgenomen bij 10 bovenbouw basisschoolleerkrachten (groepen 6, 7 en 8) uit het Noorden van het land.

Video

Er is een korte informatieve film van ongeveer 7 minuten gemaakt met als doel basisschoolleerkrachten en andere geïnteresseerden te informeren over het uitgevoerde onderzoek. In de film wordt ingegaan wat de Takentrap inhoudt en hoe de Takentrap gebruikt kan worden bij een toepassingsopgave uit het computerprogramma. De resultaten van het onderzoek komen aan bod, hier vertellen enkele leerlingen wat ze

vonden van het werken met de Takentrap. Een leerkracht en de ICT-coördinator zijn geïnterviewd over wat het werken met de Takentrap betekent voor de leerlingen en voor het ICT-netwerk.

Vragenlijst

Er is een online vragenlijst aangemaakt met behulp van het programma Examine. De vragenlijst gaat na wat leerkrachten van de onderzoeksresultaten vinden en of leerkrachten en hun school voldoen aan de gestelde voorwaarden. De vragen gaan over hoe leerkrachten de onderzoeksresultaten waarderen, over de kennis en vaardigheden van leerlingen en hoe er op school met computers wordt gewerkt. De vragen worden in figuur 6.1 gepresenteerd. Vraag 1 tot en met 11 zijn als meerkeuzevraag opgenomen en leerkrachten kunnen bij deze vragen kiezen uit 4 antwoordmogelijkheden die variëren van negatief tot positief. De laatste vraag is een open vraag en hier hebben leerkrachten de gelegenheid om tekst neer te zetten.

1. Hoe overtuigend en groot vindt u het effect voor de leerlingen in het onderzoek?
2. Sluit de Takentrap aan bij de rekenmethode die op dit moment wordt gebruikt in de klas?
3. Hoe beoordeelt u deze rekenkennis voor de leerlingen uit uw groep?
4. Wilt u leerlingen die onvoldoende voorkennis hebben 12 bijspijkerlessen geven?
5. Hoeveel leerlingen kunnen er bij u in de klas zelfstandig werken?
6. Zou u voldoende tijd kunnen vinden om leerlingen 2x per week achter de computer te laten werken?
7. Welke effect zou het werken met het computerprogramma op hun motivatie hebben?
8. Hoe goed denkt u dat uw leerlingen met het programma leren om zelfstandig toepassingsopgaven rekenen op te lossen?
9. Hoeveel computers zijn er tijdens de rekenles beschikbaar?
10. Hoe goed en stabiel is de verbinding met internet op elke computer?
11. Hoe vaak werkt het internet bij u op school?
12. Denkt u dat door het gebruik van het programma het maken van sommen en opgaven wordt verbeterd?

Figuur 6.1 Overzicht van de vragenlijst

6.3 Resultaten en conclusie

Resultaten

In totaal hebben 10 basisschoolleerkrachten van de bovenbouw de online vragenlijst ingevuld. Alle leerkrachten vinden dat de resultaten van het onderzoek overtuigend overkomen. Leerkrachten zijn overwegend positief over de manier waarop leerlingen stapsgewijs wordt geleerd hoe ze toepassingsopgaven rekenen zelfstandig kunnen oplossen. Allen verwachten ze dat met dit programma de meeste van hun leerlingen op een goede manier zouden leren om toepassingsopgaven op te lossen. Aangegeven wordt dat de stappen van de Takentrap bij leerlingen voor duidelijkheid kan zorgen en dat ze hierdoor gerichter te werk kunnen gaan. Sommige leerkrachten geven aan dat waarschijnlijk niet alle leerlingen hiervan kunnen profiteren en dat het geringe aantal computers op school een probleem kan vormen. Het werken met de Takentrap zal in de praktijk samen gaan met de rekenmethode. Wat betreft de aansluiting van de Takentrap met de gebruikte rekenmethode geven 6 leerkrachten aan dat hun rekenmethode goed aansluit. Van de 10 leerkrachten vinden er 2 dat de Takentrap niet goed op hun rekenmethode aansluit.

Naast een goede aansluiting met de rekenmethode vereist het werken met de Takentrap voldoende rekenkennis en zelfstandigheid. Acht leerkrachten oordelen dat hun leerlingen voldoende rekenkennis hebben op het gebied van de onderwerpen: breuken, procenten, kommagetallen en meten (lengte en oppervlakte) om aan het programma mee te kunnen doen. Slechts 2 leerkrachten vinden dat hun leerlingen onvoldoende rekenkennis hebben. Deze leerkrachten hebben ook te kennen gegeven dat zij bereid zijn de leerlingen een bijspijkerprogramma aan te bieden om de rekenkennis van hun leerlingen te verhogen.

Als het gaat om zelfstandig werken dan beoordelen 3 leerkrachten dat sommige leerlingen van hun groep zelfstandig kunnen werken, tegenover 5 leerkrachten die vinden dat de meeste leerlingen van hun groep zelfstandig kunnen werken. Er zijn 2 leerkrachten die aangeven dat alle leerlingen zelfstandig kunnen werken in de klas. Voldoende rekenkennis en grote zelfstandigheid hebben leerlingen nodig als ze met het computerprogramma gaan oefenen op de computers.

Met betrekking tot het gebruik van computers is naar voren gekomen dat de leerkrachten gemiddeld 5 computers tot hun beschikking hebben; het laagst aantal beschikbare computers op een school is 3, terwijl het hoogst aantal beschikbare computers 12 is. Als het gaat om de stabiliteit van het internet dan beoordelen 2 leerkrachten dat de internetverbinding onvoldoende is. De overige leerkrachten geven aan dat er een goede verbinding op school is. Het aantal keer dat internet werkt

wordt in de helft van de gevallen beoordeeld als meestal of als altijd. De beschikbaarheid van voldoende computers en een goed werkend internetnetwerk heeft invloed op de werktijd van leerlingen.

Uit de vragenlijst blijkt dat een leerkracht geen tijd kan vinden om leerlingen tweemaal per week achter de computer te laten werken. Van de 10 geven nog eens 4 leerkrachten aan dat dit waarschijnlijk niet gaat lukken omdat er onvoldoende computers zijn op school. Daarentegen geven vijf leerkrachten aan dat het waarschijnlijk wel gaat lukken om leerlingen tweemaal per week achter de computer aan het werk te zetten met de Takentrap. Het werken met toepassingsopgaven in het computerprogramma zal volgens de leerkrachten voor leerlingen een redelijk tot sterk positief effect op hun motivatie hebben.

Conclusie

Uit de resultaten van vragenlijst blijkt dat leerkrachten over het algemeen positief zijn over De Takentrap. Deze systematiek om toepassingsopgaven op te lossen wordt door alle tien de leerkrachten gezien als een goede manier om toepassingsopgaven te leren oplossen. Zij geven ook aan dat de groep leerlingen waarmee ze nu werken doorgaans beschikt over voldoende rekenkennis en dat in de helft van de gevallen de meeste leerlingen zelfstandig kunnen werken. Deze inschatting wijkt af van onze bevindingen (zie hoofdstuk 4). Leerlingen hebben vaak opfrislessen nodig om de benodigde rekenkennis op te halen. Bovendien blijkt dat er in een klas altijd leerlingen zijn die de stof van het leerjaar niet volgen, maar een aparte leerlijn hebben.

Zowel de rekenkennis als de mate van zelfstandig werken zijn belangrijke voorwaarden om met het programma te gaan werken.

Een andere belangrijke voorwaarde is dat het internet goed moet werken om toegang te krijgen tot het computerprogramma en de kwaliteit hiervan is door de meeste leerkrachten als goed beoordeeld.

Twee kanttekeningen van organisatorische aard zijn door sommige leerkrachten gemaakt. De eerste kanttekening is het gering aantal beschikbare computers voor hun klas waarop ze leerlingen kunnen laten werken. De tweede kanttekening is dat de helft van de leerkrachten waarschijnlijk geen tijd heeft om extra lessen rond het gebruik van het computerprogramma te geven. Beide kanttekeningen zijn belangrijke constatering voor vervolgonderzoek.

Het aantal computers in een klaslokaal en hoogstwaarschijnlijk het gebrek aan ruimte voor meerdere computers zal kunnen worden opgelost door scholen te voorzien van tablet pc's die weinig ruimte innemen en op de tafels van de leerlingen passen. De lessen van De Takentrap zullen in het normale rekenprogramma moeten worden

ingebouwd, waarbij eenmaal in de week een gezamenlijke les wordt gegeven en het oefenen van de toepassingsopgaven tweemaal in de week tijdens het zelfstandig werken kan worden geoefend. Dit is een verschil met hoe het programma in het huidige onderzoek is gebruikt.

Literatuur

- Goos, M. (2002). Understanding metacognitive failure. *Journal of Mathematical Behavior*, 21, 283 - 302.
- Guldemond, H. (2001). *Rekentoetsen, rekenprestaties en allochtone leerlingen*. SVO-rapport. Groningen: GION.
- Jacobse, A. (2007). *De Takentrap. Training van metacognitieve vaardigheden bij leerlingen in het basisonderwijs*. Groningen: GION.
- Jacobse, A., & Harskamp, E. (2009). Student-controlled metacognitive training for solving word problems in primary school mathematics. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 447 - 463.
- Janssen, J., van der Schoot, F., & Hemker, B. (2005). *Balans van het rekenwiskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 4*. Cito: Arnhem
- Jitendra, A.K., DiPipi, C.M., & Perron-Jones, N. (2002). An exploratory study of word problem-solving instruction for middle school students with learning disabilities: An emphasis on conceptual and procedural understanding. *Journal of Special Education*, 36(1), 22 - 38.
- Harskamp, E., & Suhre, C. (2007). Schoenfeld's problem solving theory in a student controlled learning environment. *Computers & Education*, 49, 822 - 839.
- Koedinger, K.R., & Nathan, M.J. (2004). The Real Story Behind Story Problems: Effects of Representations on Quantitative Reasoning. *Journal of the Learning Sciences*, 13(2), 129 - 164.
- Kramarski, B., & Gutman, M. (2006). How can self-regulated learning be supported in mathematical e-learning environments? *Journal of Computers Assisted Learning*, 22, 24-33.
- Litman, D.J., Rose, C.P., Forbes-Riley, K., VanLehn, K., Bhembé, D., & Silliman, S. (2006). Spoken Versus Typed Human and Computer Dialogue Tutoring. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 16, 145 - 170.
- Meijer, J., & Riemersma, F. (2002). Teaching and testing mathematical problem solving by offering optional assistance. *Instructional Science*, 30(3), 187 - 220.

- Ministerie van Onderwijs. (2010). *Toezichtkaarten*. Retrieved from <http://www.onderwijsinspectie.nl/onderwerpen/Toezicht/Toezichtkaart>
- Moreno, R., Mayer, R.E., Spires, H., & Lester, J. (2001). The case for social agency in computer-based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19, 177 - 214.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. In: D.A. Grouwd, (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching*. New York: MacMillan Publishing, 334 – 370.
- Teong, S.K. (2003). The effect of metacognitive training on methematical word-problem solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(1), 46 - 55.
- Van der Schoot, F. (2008). *Onderwijs op peil? Een samenvattend overzicht van 20 jaar PPON*. Cito: Arnhem
- Van Lieshout, E.C.D.M., & Berends, I.E. (2009). Het effect van illustraties bij rekenopgaven: hulp of hinder? *Pedagogische Studiën*, 86(5), 350-369.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Wood, H., & Wood, D. (1999). Help seeking, learning and contingent tutoring. *Computers and Education*, 33, 153 - 199.

Bijlage 1 Statistische toetsingen bij hoofdstuk Resultaten

Vraag	Procedure	Conclusie
a) Is er een verschil tussen de leerlingen van de drie onderzoekscondities in totaal gemaakte opgaven in het programma?	Er is een variantieanalyse uitgevoerd met de drie condities als onafhankelijke variabele en gemaakte opgaven als afhankelijke variabele: $F(2,103) = 7,07, p = .001$. Vershil tussen de audio- en de controleconditie: $t(54,99) = -3,93, p = .00$ Vershil tussen de tekst- en de controleconditie: $t(49,85) = -3,93, p = .02$	Er is alleen een significant verschil tussen de twee experimentele condities enerzijds en de controleconditie anderzijds
b) Is er een verschil tussen leerlingen in audio en tekstconditie in aantal malen gebruik 'ik lees heel goed' en is er een specifiek verschil voor zwakke probleemoplossers tussen de twee condities in gebruik van 'ik lees heel goed'?	Er is een co-variantieanalyse uitgevoerd met voortoets als covariaat en conditie als onafhankelijke variabele. Afhankelijke variabele was het aantal malen gebruik van 'ik lees heel goed': Hoofdeffect $F(1,65) = 0.11, p = .74$. Interactie-effect $F(1,65) = 0.12, p = .73$.	Er is geen significant hoofdeffect gevonden tussen beide condities en geen interactie-effect tussen de condities en de voortoets probleemoplossen op de variabele 'ik lees heel goed'

<p>c) Is er verschil tussen leerlingen in audio en tekstconditie in het aantal malen gebruik 'ik maak een plan' en is er een specifiek verschil voor zwakke probleemoplossers tussen de twee condities in gebruik van 'ik maak een plan'</p>	<p>Er is een co-variantie-analyse uitgevoerd met voortoets als covariaat en conditie als onafhankelijke variabele. Afhankelijke variabele was het aantal malen gebruik van 'ik maak een plan': Hoofdeffect: $F(1,65) = 4.4$, $p = .04$ Interactie-effect: $F(1,65) = 2.58$, $p = .11$).</p>	<p>Er is een significant hoofdeffect gevonden tussen beide condities en geen interactie-effect tussen de condities en de voortoets probleem oplossen op de variabele 'ik maak een plan'</p>
<p>d) Is er verschil tussen de leerlingen van de drie condities in aantal goed gemaakte opgaven in het programma?</p>	<p>Er is een variantie-analyse uitgevoerd met conditie als onafhankelijke variabele en het aantal goed als afhankelijke variabele: De toetswaarde is $F(2,103) = 4,59$, $p = .012$. De toetsing van verschillen tussen de audio-conditie en de tekstconditie leverde de toetswaarden: $t(67) = -1.15$, $p = .25$. Verschil tussen de audio- en tekstconditie enerzijds en de controleconditie anderzijds: $t(104) = 2,80$, $p = .006$.</p>	<p>De leerlingen van de twee experimentele condities maken meer opgaven goed dan de leerlingen uit de controleconditie.</p>
<p>e) Is er verschil tussen de leerlingen van de drie condities op de voortoets probleemoplossen?</p>	<p>Variantie-analyse met conditie als onafhankelijke variabele en voortoets als afhankelijke variabele De toetswaarde is $F(2,103) = 2.19$, $p = .118$. Contrasten laten zien: tekst vs. controle $p = .042$.</p>	<p>Er is een verschil tussen de leerlingen van de tekst- en controle conditie op de voortoets probleemoplossen.</p>

f) Is er verschil tussen de leerlingen van de drie condities op de natoets probleemoplossen?	Er is een covariantie-analyse uitgevoerd met conditie als onafhankelijke variabele, de natoetsscore als afhankelijke variabele en de voortoets als covariaat: De toetswaarde is $F(2,102) = 3,15$, $p = .047$. Groepsgewijze vergelijking laat zien: audio vs. controle $p = .022$ en tekst vs. controle $p = .051$.	De leerlingen van de twee experimentele condities scoren hoger op de natoets probleemoplossen dan de leerlingen uit de controleconditie als er rekening wordt gehouden met de verschillen op de voortoets. Tussen de leerlingen van de experimentele condities is echter geen verschil.
g) Is er verschil tussen zwakke leerlingen in audio-conditie en hun soortgenoten in de tekst-conditie op de natoets probleemoplossen?	Er is een co-variantie-analyse uitgevoerd met voortoets als covariaat, de condities als onafhankelijke variabele en de natoetsscores als afhankelijke variabele. Er is geen significant interactie-effect gevonden tussen beide condities en de voortoets probleemoplossen op de natoets ($F(1,65) = 0.18$, $p = .67$)).	Het betekent dat er geen verschil is tussen zwakkere probleemoplossers in beide condities, maar er is ook geen verschil tussen de betere leerlingen in beide condities op de natoets.

Digitale ondersteuning bij het leren oplossen van toepassingsopgaven rekenen

Het oplossen van de toepassingsopgaven in rekenboeken vinden leerlingen vaak ingewikkeld. Ze moeten heel goed lezen, de som er uit halen en het vervolgens ook goed uitrekenen. Vooral de opgaven waarbij de informatie over een tekst en een plaatje is verdeeld en waarin meer dan een bewerking voorkomt, zijn pittig.

Rekenmethoden bieden meestal geen duidelijk hulp. Het GION is tot de conclusie gekomen dat daar iets aan gedaan moet worden, te beginnen voor leerlingen uit groep 7 van de basisschool. Er is een computerprogramma ontwikkeld dat leerlingen die basale rekenvaardigheden hebben, helpt om zelfstandig de opgaven op te lossen.

Met geld van Kennisnet is het programma nu uitvoerig getest in 5 klassen. Het geheel is opgebouwd rond de zogenoemde Takentrap. Op een trap worden fasen in het oplossen van rekenopgave weergegeven. Per fase kunnen de leerlingen een hulpaanwijzing opvragen. In de rekenlessen komt de leerkracht nog even terug op de fasen als de leerlingen moeilijke opgaven tegenkomen. In het onderzoek is nagegaan of het gebruik van de hulpaanwijzingen helpt en of de leerlingen daardoor betere probleemoplossers worden.

Het programma is nog niet uitontwikkeld. Willem de Kock gaat de komende vier jaar door om het programma ook in groep 6 en groep 8 te beproeven. Het doel is een doorgaande lijn te bieden voor het oplossen van toepassingsopgaven rekenen voor de bovenbouw van de basisschool.

Egbert Harskamp
onderzoekscoördinator GION